NASKAH INOVASI PEMBELAJARAN

Sentinel Lab

Laboratorium Simulasi Jaringan CCTV dan Telepon IP

Menjaga mutu belajar anak-anak di tengah keterbatasan perangkat, dengan pendekatan Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam

DISUSUN OLEH

Aliyudin, S.T., Gr

Guru

RINGKASAN

Ketika Keterbatasan Menjadi Bahan Rancangan

Naskah ini berangkat dari pertanyaan yang sederhana namun mendasar: bagaimana seorang guru tetap menghadirkan pengalaman belajar teknologi yang bermutu, ketika perangkat sungguhan terlalu mahal untuk dimiliki ruang kelas? Teknologi bergerak cepat, sementara anggaran sekolah bergerak pelan. Di antara keduanya berdiri anak-anak yang berhak mendapat pendidikan terbaik yang mungkin diberikan, bukan pendidikan yang tersisa setelah anggaran habis.

Jawaban yang ditawarkan adalah **Sentinel Lab**, sebuah laboratorium simulasi berbasis peramban untuk topik kamera pengawas (CCTV) dan telepon IP (VoIP) dalam pembelajaran jaringan. Sentinel Lab berjalan dari satu berkas HTML, tanpa server dan tanpa instalasi, dapat dibuka di ponsel maupun komputer, serta menyimpan progres siswa di perangkat mereka sendiri. Dengan sarana yang sudah ada di tangan siswa, mereka dapat merancang sistem pengawasan di denah sekolah, menghitung kebutuhan penyimpanan dan kapasitas jalur telepon, menguji kualitas suara, berlatih prosedur pemasangan yang aman, lalu merefleksikan kemajuannya melalui kuis awal dan akhir.

Rancangan ini diselaraskan dengan Kurikulum Merdeka yang diperkaya pendekatan Pembelajaran Mendalam: pembelajaran yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan, yang bergerak melalui pengalaman memahami, mengaplikasi, dan merefleksi. Naskah ini juga jujur menyebut batasnya. Simulasi bukan pengganti sentuhan pada perangkat nyata, melainkan jembatan yang membuat sentuhan itu kelak lebih bermakna dan lebih aman. Karena itu, solusi yang diusulkan bersifat bertingkat dan hibrida, dimulai dari yang paling murah tanpa mengorbankan kedalaman belajar.

Kata kunci	Kurikulum Merdeka · Pembelajaran Mendalam · simulasi · CCTV · telepon IP · biaya rendah · asesmen formatif · kesetaraan akses

DAFTAR ISI

Isi Naskah

I. Pendahuluan: Membaca Zaman dari Ruang Kelas 3

II. Membaca Dinamika: Analisis Kebutuhan dan Keterbatasan 5

III. Landasan Kurikulum dan Pedagogi 7

IV. Gagasan Inovasi: Sentinel Lab 9

V. Analisis Biaya dan Manfaat: Solusi Termurah yang Tetap Bermutu 12

VI. Desain Pembelajaran 14

VII. Asesmen: Jujur, Adil, dan Membangun 16

VIII. Keterkaitan dengan Delapan Dimensi Profil Lulusan 18

IX. Etika, Keselamatan, dan Batas-Batas Inovasi 19

X. Rencana Penerapan dan Keberlanjutan 20

XI. Penutup 22

A. Lampiran: Lembar Kerja Siswa 23

I Pendahuluan: Membaca Zaman dari Ruang Kelas

1.1 Dua dunia yang belum bertemu

Teknologi masuk ke keseharian dengan kecepatan yang sulit diikuti: kamera pengawas yang kian cerdas, telepon yang berjalan di atas jaringan internet, layanan yang berpindah ke awan, dan kecerdasan artifisial yang mulai hadir di banyak pekerjaan. Dunia kerja menuntut lulusan yang tidak hanya hafal istilah, tetapi mampu merancang, menghitung, memasang, dan memecahkan masalah pada sistem yang sungguh-sungguh bekerja.

Di sisi lain, banyak ruang kelas bekerja dengan sarana yang terbatas: laboratorium dengan beberapa komputer, satu proyektor yang dipakai bergantian, jaringan yang belum selalu stabil, dan anggaran yang harus dibagi untuk banyak kebutuhan. Perangkat jaringan profesional seperti kamera IP, perekam video jaringan, saklar berdaya PoE, dan pesawat telepon IP harganya tidak ringan, apalagi bila harus tersedia untuk setiap kelompok siswa.

Jarak antara apa yang dituntut dunia dan apa yang tersedia di kelas adalah dinamika yang perlu dibaca dengan jernih. Ia tidak perlu disesali, dan tidak pula pantas disangkal.

1.2 Dua godaan yang perlu dihindari

Menghadapi jarak itu, pendidik sering tergoda oleh dua jalan pintas. Yang pertama adalah **menunggu**: menunda praktik sampai perangkat lengkap, sementara satu angkatan siswa lewat tanpa pernah mencoba. Yang kedua adalah **menurunkan tuntutan**: mengubah kompetensi yang seharusnya dihidupi menjadi bahan hafalan, karena hafalan tidak memerlukan perangkat. Keduanya tampak wajar, tetapi sama-sama mengorbankan anak.

Naskah ini memilih jalan ketiga: tetap setia pada hakikat kompetensi, namun cerdas dalam memilih sarana. Keterbatasan diperlakukan sebagai bahan rancangan, bukan sebagai alasan.

> **PEGANGAN PENULIS**
>
> Mutu pembelajaran ditentukan oleh kualitas pengalaman berpikir yang dialami siswa, bukan oleh mahalnya perangkat yang ada di meja. Perangkat mahal tanpa rancangan belajar yang baik hanya menghasilkan pajangan; rancangan belajar yang baik dengan sarana sederhana dapat menghasilkan pemahaman yang kokoh.

1.3 Rumusan masalah

1. Bagaimana menghadirkan praktik merancang dan menganalisis sistem CCTV dan telepon IP tanpa bergantung pada perangkat fisik yang mahal?

2. Bagaimana memastikan pembelajaran tersebut tetap bermakna dan selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka serta Pembelajaran Mendalam?
3. Bagaimana mengukur kemajuan belajar secara jujur, adil, dan bermanfaat bagi siswa maupun guru?

1.4 Tujuan dan manfaat

Naskah ini bertujuan menyusun gagasan inovasi yang dapat langsung diterapkan, murah, dan dapat dipertanggungjawabkan secara pedagogis. Bagi siswa, inovasi ini membuka kesempatan berlatih berulang tanpa takut merusak perangkat. Bagi guru, ia menyediakan alat mengajar sekaligus data kemajuan belajar. Bagi sekolah, ia menawarkan jalan keluar yang hemat tanpa menutup pintu bagi investasi perangkat nyata di kemudian hari.

II Membaca Dinamika: Analisis Kebutuhan dan Keterbatasan

2.1 Empat lapis keterbatasan

Keterbatasan di kelas jarang tunggal. Pembacaan yang cermat memperlihatkan beberapa lapisan yang saling memengaruhi, dan setiap lapisan menuntut jawaban yang berbeda.

Lapisan	Wujud di ruang kelas	Dampak bagi belajar
Perangkat	Kamera IP, perekam, saklar PoE, dan pesawat telepon IP berharga tinggi; satu set per kelompok hampir mustahil diadakan.	Siswa hanya melihat gambar atau mendengar penjelasan, sehingga belajar cenderung pasif.
Risiko dan ruang	Pemasangan melibatkan ketinggian, listrik, dan kabel; tidak setiap tahap aman atau praktis diulang di kelas.	Kesempatan mencoba sedikit, dan kesalahan terasa mahal.
Waktu dan akses	Waktu laboratorium terbatas dan bergiliran; siswa tidak dapat berlatih di rumah.	Belajar berhenti di pintu laboratorium.
Kesiapan siswa	Latar belakang dan kecepatan belajar beragam dalam satu kelas.	Satu kecepatan untuk semua membuat sebagian tertinggal dan sebagian bosan.

2.2 Pertanyaan kunci seorang pendidik

Sebelum mencari alat, seorang pendidik yang bijak bertanya lebih dahulu: *apa inti yang sesungguhnya harus dikuasai anak?* Jawabannya hampir tidak pernah berupa merek atau tipe perangkat. Intinya adalah cara berpikir: mempertimbangkan jarak dan sudut pandang kamera, menghitung kebutuhan penyimpanan dan kapasitas jaringan, menimbang mutu suara, menjaga keselamatan kerja, dan bersikap etis terhadap data orang lain.

Cara berpikir semacam itu sebagian besar dapat dilatih melalui model yang tepat, yang menampilkan hubungan sebab-akibat secara benar dan memberi umpan balik seketika. Adapun keterampilan tangan, seperti mengupas kabel, menata urutan warna, dan mengukur tegangan, memang membutuhkan benda nyata, tetapi benda yang diperlukan ternyata murah dan sederhana. Pemisahan inilah yang membuka jalan penghematan tanpa mengurangi mutu.

2.3 Kriteria memilih solusi

Dari pembacaan tersebut, penulis menetapkan enam kriteria yang menjadi timbangan setiap keputusan rancangan:

- **Biaya serendah mungkin**, idealnya tanpa tambahan belanja perangkat.

– **Tidak bergantung pada server atau internet yang stabil**, karena kondisi jaringan sekolah tidak selalu dapat diandalkan.
– **Ramah ponsel**, sebab ponsel adalah perangkat yang paling mungkin dimiliki atau dipinjam.
– **Menjaga data siswa**, tanpa mengirim apa pun ke pihak ketiga.
– **Selaras dengan kurikulum** dan dapat dipetakan pada pengalaman serta dimensi profil lulusan.
– **Terukur**, sehingga kemajuan belajar dapat dibuktikan, bukan hanya dirasakan.

III Landasan Kurikulum dan Pedagogi

3.1 Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam

Kurikulum Merdeka berdiri di atas gagasan bahwa pembelajaran harus berpusat pada peserta didik, memberi ruang bagi diferensiasi, dan menumbuhkan kompetensi yang bermakna. Dalam perjalanannya, kerangka ini diperkaya oleh pendekatan Pembelajaran Mendalam. Kementerian menegaskan bahwa pembelajaran mendalam bukanlah kurikulum baru, melainkan cara memperbarui proses pembelajaran di dalam kurikulum yang berlaku. Penegasan ini penting agar guru tidak merasa harus memulai dari nol; yang diminta adalah pendalaman cara mengajar, bukan penggantian seluruh perangkat ajar.

Pembelajaran mendalam bertumpu pada tiga prinsip dan tiga pengalaman belajar yang dipakai naskah ini sebagai tulang punggung rancangan.

Unsur	Pokok gagasan	Wujud dalam Sentinel Lab
Berkesadaran	Siswa sadar tujuan dan sadar proses belajarnya.	Tujuan tiap misi dan tantangan dinyatakan jelas; skor dan daftar penilaian memperlihatkan posisi belajar.
Bermakna	Belajar terkait konteks nyata yang dikenal siswa.	Denah gedung, kantin, dan gerbang sekolah menjadi medan rancangan.
Menggembirakan	Belajar dialami sebagai tantangan yang menyenangkan, bukan beban.	Misi, poin pengalaman, dan peringkat; kesalahan aman untuk dicoba ulang.
Memahami	Membangun konsep dan peta pengetahuan.	Kuis awal, panduan, rumus, dan glosarium.
Mengaplikasi	Menerapkan konsep pada masalah nyata.	Perancang CCTV, telepon IP, pemasangan, dan misi lapangan.
Merefleksi	Menilai proses dan hasil belajar sendiri.	Laporan, kuis akhir, N-gain, dan jurnal refleksi.

Hasil yang dituju adalah delapan dimensi profil lulusan: keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kewargaan, penalaran kritis, kreativitas, kolaborasi, kemandirian, kesehatan, dan komunikasi. Pembahasan keterkaitannya dengan inovasi ini dapat dibaca pada Bab VIII.

Pendekatan ini juga menekankan empat kerangka pelaksanaan: praktik pedagogis, kemitraan pembelajaran, lingkungan belajar, dan pemanfaatan teknologi digital. Sentinel Lab menjawab keempatnya sekaligus. Praktik pedagogisnya berupa tantangan bertingkat, kemitraan dibuka melalui tangga investasi pada Bab V, lingkungan belajarnya menyatukan ruang kelas dengan ruang simulasi, dan pemanfaatan digitalnya dipilih seringan mungkin.

3.2 Landasan teori yang dipegang

- **Konstruktivisme dan zona perkembangan terdekat (Vygotsky).** Siswa membangun pemahaman melalui tugas yang sedikit di atas kemampuannya, dengan penopang yang ditarik perlahan. Tingkat tantangan, panduan, dan peringkat dalam Sentinel Lab dirancang sebagai penopang bertahap.
- **Belajar dari pengalaman (Kolb).** Siklus mengalami, merenungkan, menyimpulkan, dan mencoba kembali menjadi lebih cepat ketika setiap percobaan tidak memakan biaya dan waktu persiapan perangkat.
- **Kesetiaan model, bukan kemiripan tampilan.** Untuk pemahaman konseptual, yang menentukan adalah apakah model menampilkan hubungan sebab-akibat dengan benar, misalnya bagaimana lensa memengaruhi jangkauan atau bagaimana packet loss menurunkan kualitas suara. Rumus yang dipakai Sentinel Lab mengikuti praktik umum di lapangan.
- **Asesmen formatif dan N-gain (Hake).** Selisih kuis awal dan akhir dinormalkan untuk melihat seberapa besar peluang peningkatan yang berhasil dicapai, sehingga siswa yang berangkat dari titik awal berbeda dapat dinilai secara adil.

IV Gagasan Inovasi: Sentinel Lab

4.1 Gambaran umum

Sentinel Lab adalah simulator CCTV dan telepon IP untuk praktik jaringan. Siswa merancang, menghitung, dan menguji sistem seperti di lapangan tanpa perangkat mahal. Seluruh aplikasi berada dalam satu berkas HTML yang dapat dibuka langsung di peramban, termasuk di ponsel, tanpa server dan tanpa instalasi. Bagi guru yang mengajar di tempat dengan sambungan internet terbatas, kenyataan ini sangat berarti: berkas dapat dibagikan melalui perangkat penyimpanan atau aplikasi pesan, lalu dipakai secara luring.

4.2 Prinsip rancang bangun

Prinsip	Wujud
Murah dan ringan	Tanpa perangkat khusus, tanpa lisensi berbayar, tanpa instalasi; memakai ponsel atau komputer yang sudah ada.
Luring sebagai bawaan	Berjalan dari berkas HTML tanpa server, sehingga tidak tersandera kualitas jaringan sekolah.
Data di tangan siswa	Progres tersimpan di peramban perangkat siswa dan tidak dikirim ke server; dapat diunduh sebagai berkas .json untuk dikumpulkan.
Setia pada konsep	Menggunakan acuan lapangan: tingkat DORI dalam standar IEC 62676-4, perhitungan Erlang B, dan model kualitas suara E-model ITU-T G.107.
Netral dan fleksibel	Dapat dipakai oleh sekolah mana pun; nama, kelas, dan sekolah dapat diisi atau dikosongkan.

4.3 Peta komponen dan fungsi pedagogisnya

Komponen	Yang dikerjakan siswa	Konsep yang dilatih
Perancang CCTV	Menempatkan kamera di denah sekolah, memutar arah, memilih lensa, resolusi, kompresi, FPS, mode rekam, perekam, harddisk, dan anggaran; menguji dalam kondisi siang dan malam berinfra merah.	Kerapatan piksel dan tingkat DORI, sudut pandang, halangan garis pandang, bitrate, kebutuhan penyimpanan, perbandingan H.264 dan H.265, trade-off biaya.
Telepon IP	Mengisi jumlah extension, pola panggilan, codec, delay, jitter, packet loss, dan kanal trunk; menguji panggilan SIP dan membuat kerangka konfigurasi Asterisk.	Beban telepon, Erlang B dengan peluang blocking tidak lebih dari 1 persen, G.711 dan G.729, MOS, VLAN suara, penandaan DSCP EF.
Pemasangan	Mengatur tinggi pasang, sudut tilt, jarak objek, jenis dan jalur kabel; melengkapi daftar periksa keselamatan; menguji ping dan aliran gambar.	Hubungan geometri dengan ketajaman gambar, jarak kabel, proteksi petir dan surge, grounding, kedap air, budaya K3.
Misi lapangan	Crimping RJ45 T568B hingga lolos LAN tester; mengukur tegangan PoE di tiga titik dan memutuskan layak atau tidak; menuntaskan misi rancangan.	Urutan pin, tegangan minimum, pengambilan keputusan berbasis data, ketelitian.
Dasbor NVR	Memantau kamera, throughput, penyimpanan, port PoE, dan log kejadian dari rancangan sendiri.	Pemantauan sistem, pembacaan beban, dan kebiasaan membaca indikator.
Kuis, laporan, dan rekap	Mengerjakan kuis awal dan akhir, mengunduh laporan; guru memuat berkas banyak siswa untuk rekap kelas.	Refleksi, N-gain, dan penilaian formatif.

4.4 Umpan balik dan rasa gembira belajar

Setiap perubahan rancangan menghasilkan umpan balik seketika: lingkaran target menjadi hijau bila syarat terpenuhi dan merah bila gagal, skor rancangan naik atau turun, anggaran terlampaui atau terjaga. Siswa belajar dari sebab-akibat yang dapat dilihat, bukan dari vonis yang datang terlambat. Lima misi mengumpulkan poin pengalaman, dan setiap dua ratus poin menaikkan peringkat dari Magang, Teknisi, Teknisi Senior, Arsitek Jaringan, hingga Kepala Lab. Unsur permainan ini digunakan sebagai pemantik semangat, bukan sebagai tujuan; nilai sesungguhnya tetap bertumpu pada ketepatan analisis dan alasan yang dikemukakan siswa.

4.5 Kelebihan dan batas

CATATAN JUJUR SEORANG PENDIDIK

Kelebihan. Biaya tambahan nyaris nol; latihan dapat diulang tanpa batas; kegagalan aman; umpan balik seketika; data kemajuan tersedia bagi guru; dapat dipakai di rumah melalui ponsel.

Batas. Simulator memberi estimasi perencanaan, bukan angka mutlak; harga satuan adalah perkiraan pasar; konfigurasi Asterisk yang dihasilkan adalah kerangka latihan, bukan konfigurasi siap produksi; dan tidak ada simulasi yang sepenuhnya menggantikan tangan yang pernah benar-benar memegang kabel dan alat ukur.

V Analisis Biaya dan Manfaat: Solusi Termurah yang Tetap Bermutu

5.1 Tiga pilihan yang dapat ditempuh

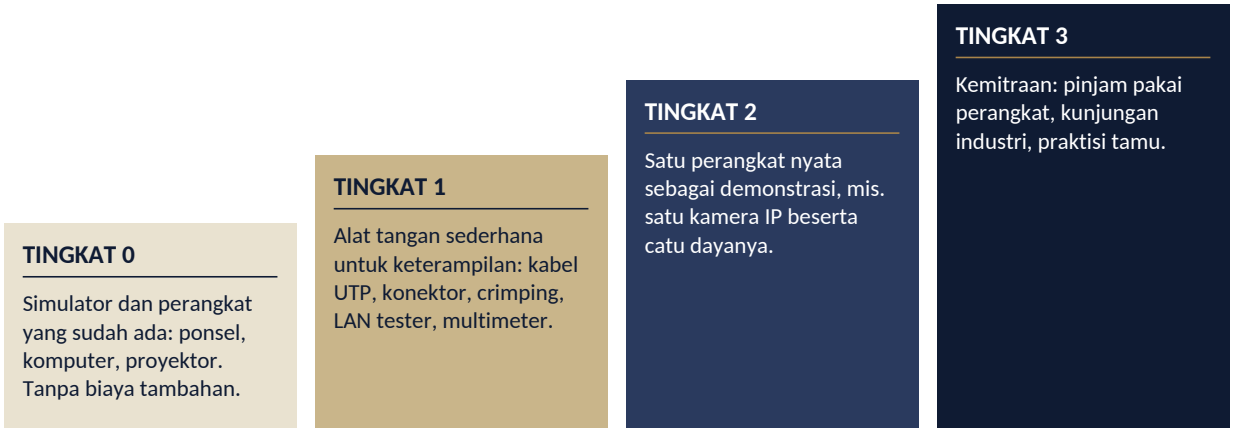
Agar keputusan sekolah tidak hanya berdasar perasaan, tiga pilihan berikut dibandingkan menurut aspek yang paling menentukan bagi anak. Penulis sengaja tidak mencantumkan nominal rupiah karena harga berubah dan berbeda di tiap daerah; perbandingan dilakukan secara kualitatif, dan lembar survei harga tersedia pada Lampiran C agar tiap sekolah dapat menghitung sendiri.

Aspek	A. Perangkat penuh	B. Simulasi murni	C. Hibrida bertingkat
Investasi awal	Tinggi	Nyaris nol	Rendah dan dapat dicicil
Keterulangan latihan	Terbatas jam dan giliran	Tak terbatas, termasuk di rumah	Tinggi untuk konsep, terbatas untuk alat
Keselamatan	Perlu pengawasan ketat	Aman penuh	Aman; praktik nyata hanya pada tahap yang siap
Keterampilan tangan	Sangat baik	Terbatas	Baik, dengan alat sederhana bergilir
Jangkauan siswa	Sempit	Luas	Luas
Keberlanjutan	Bergantung perawatan dan anggaran	Mudah diperbarui	Tumbuh sesuai kemampuan sekolah

Pilihan A paling lengkap tetapi paling sulit dijangkau banyak sekolah. Pilihan B paling terjangkau tetapi menyisakan kekosongan pada keterampilan tangan. Pilihan C, yang menggabungkan simulasi sebagai fondasi dengan alat tangan sederhana secara bergilir, memberi keseimbangan terbaik. Karena itu penulis merekomendasikan pilihan C sebagai arah jangka menengah, dengan pilihan B sebagai titik berangkat yang dapat dimulai hari ini.

5.2 Tangga investasi bertahap

Sekolah tidak perlu melompat. Setiap anak tangga berikut berdiri sendiri dan sudah bermanfaat, sehingga pendidik dapat naik satu tingkat ketika dukungan tersedia.



Gambar 1. Tangga investasi dari tanpa biaya hingga kemitraan

Tingkat 0 memberi nilai terbesar per rupiah, karena seluruh kompetensi berpikir sudah dapat dilatih. Tingkat 1 menutup kekosongan keterampilan tangan dengan alat yang harganya jauh di bawah perangkat jaringan profesional, dan satu stasiun kerja cukup dipakai bergilir oleh seluruh kelompok. Tingkat 2 bersifat opsional sebagai demonstrasi. Tingkat 3 membuka kemitraan pembelajaran dengan dunia usaha dan masyarakat, misalnya meminjam perangkat bekas layak pakai, mengundang praktisi tamu, atau berkunjung ke tempat kerja.

> **PRINSIP PENGELUARAN**
>
> Belanjakan terakhir untuk hal yang dapat dipelajari lewat model, dan belanjakan lebih dahulu untuk hal yang hanya dapat dipelajari lewat sentuhan. Dengan cara ini, setiap rupiah yang keluar langsung berpihak pada pengalaman belajar anak.

VI Desain Pembelajaran

6.1 Alur tiga pengalaman belajar

Seluruh rangkaian kegiatan disusun mengikuti tiga pengalaman belajar sehingga siswa bergerak dari pemahaman, ke penerapan, lalu ke perenungan.



Gambar 2. Alur pengalaman belajar dalam Sentinel Lab

6.2 Kelas dengan sarana paling minimum

Kenyataan di banyak sekolah adalah perangkat yang tidak sama banyaknya dengan siswa. Karena itu tiga pola pengaturan disiapkan agar tidak seorang pun tertinggal.

- **Satu perangkat per kelompok (3 sampai 4 siswa).** Pola utama. Peran bergilir: perancang, penghitung anggaran, auditor yang memeriksa daftar penilaian, dan juru bicara.
- **Demonstrasi guru dengan proyektor.** Bila perangkat sangat terbatas, guru menjalankan simulator di depan kelas sementara siswa mengerjakan lembar kerja cetak dan mengusulkan keputusan rancangan yang diuji bersama.
- **Tugas mandiri di ponsel.** Berkas dibagikan sehingga siswa dapat melanjutkan di rumah, lalu mengunduh data .json untuk dikumpulkan.

6.3 Contoh rangkaian enam pertemuan

Pertemuan	Fokus	Kegiatan utama	Bukti belajar
1	Menggugah dan memetakan	Kuis awal; masalah kontekstual tentang pengamanan gerbang, kantin, dan parkir sekolah; mengenal Sentinel Lab.	Skor kuis awal dan daftar pertanyaan siswa
2	Merancang pengawasan	Menyusun rancangan di Perancang CCTV: lensa, arah, DORI, anggaran; mengerjakan Tantangan 1.	Skor rancangan dan catatan biaya
3	Menganalisis dan menyimpan	Membandingkan H.264 dan H.265, mode rekam, retensi, dan harddisk; menggeser kamera ke balik kantin lalu menjelaskan kegagalan target.	Lembar kerja nomor 1 sampai 3
4	Memasang dengan selamat	Tab Pemasangan: tinggi, tilt, kabel, daftar periksa K3; misi crimping dan pengukuran PoE.	Skor pemasangan dan daftar periksa K3
5	Menghubungkan suara	Telepon IP: extension, Erlang B, codec, MOS; uji panggilan SIP; menaikkan packet loss dan mencari solusi.	Lembar kerja nomor 4 dan 5, MOS sasaran
6	Mengomunikasikan dan merefleksi	Presentasi rancangan kepada “pihak sekolah”; kuis akhir; perhitungan N-gain; jurnal refleksi.	Presentasi, laporan, N-gain

6.4 Pembelajaran berdiferensiasi

- **Siswa yang membutuhkan penguatan** mendapat panduan langkah, daftar tanya jawab, dan berpasangan dengan teman sebaya yang lebih mahir.
- **Siswa yang sudah mantap** diarahkan ke mode tantangan, rancangan dengan anggaran lebih ketat, atau skenario telepon dengan puluhan extension.
- **Semua siswa** memperoleh tujuan yang sama, tetapi jalur dan kecepatan boleh berbeda.

6.5 Peran guru dan pertanyaan pemantik

Dalam kelas seperti ini guru bergeser dari penyampai menjadi perancang pengalaman, pembaca data, dan penanya yang baik. Pertanyaan pemantik berikut dapat membawa siswa dari sekadar menjalankan simulator ke penalaran yang lebih dalam:

- Mengapa target tetap merah padahal berada di dalam kerucut pandang kamera?
- Bila anggaran dipotong seperlima, bagian rancangan mana yang paling aman dikorbankan, dan mana yang tidak boleh?
- Siapa yang berhak melihat rekaman, dan berapa lama rekaman pantas disimpan?
- Mengapa suara yang jernih dalam percobaan dapat terasa buruk saat jaringan sekolah sedang padat?

VII Asesmen: Jujur, Adil, dan Membangun

7.1 Prinsip penilaian

Asesmen dirancang sebagai bagian dari belajar, bukan sebagai hukuman di ujungnya. Tiga fungsinya berjalan beriringan: asesmen *untuk* pembelajaran, yang membantu guru menyesuaikan langkah; asesmen *sebagai* pembelajaran, yang melatih siswa menilai dirinya; dan asesmen *dari* pembelajaran, yang merangkum capaian.

7.2 Perangkat asesmen

Instrumen	Waktu	Fungsi	Bukti
Kuis awal dan akhir	Sebelum dan sesudah praktik	Mengukur peningkatan pemahaman tentang DORI, PoE, Erlang, dan MOS	Skor dan N-gain
Skor rancangan CCTV dan VoIP	Selama praktik	Umpan balik atas kualitas keputusan rancangan	Skor, biaya, MOS
Misi lapangan	Selama praktik	Menilai ketelitian dan keselamatan kerja	Poin pengalaman dan peringkat
Lembar kerja analisis	Akhir tiap topik	Menilai penalaran dan alasan siswa	Rubrik 40 : 30 : 30
Observasi dan percakapan	Sepanjang kegiatan	Menangkap kolaborasi dan sikap	Catatan guru
Jurnal refleksi dan presentasi	Pertemuan penutup	Menilai komunikasi dan kesadaran belajar	Jurnal dan rubrik presentasi

7.3 Membaca N-gain

Peningkatan belajar dihitung dengan rumus N-gain: selisih skor akhir dan awal dibagi selisih skor maksimum dan skor awal. Nilai di bawah 0,3 digolongkan rendah, 0,3 sampai 0,7 sedang, dan 0,7 ke atas tinggi. Keunggulan ukuran ini ialah keadilannya: siswa yang mulai dari skor tinggi tidak dirugikan karena ruang peningkatannya memang lebih kecil.

> RUMUS
>
> **N-gain = (skor akhir − skor awal) ÷ (skor maksimum − skor awal)**

7.4 Rubrik lembar kerja

Aspek (bobot)	Sangat baik	Cukup	Perlu bimbingan
Ketepatan analisis (40)	Menghubungkan data simulator dengan konsep secara tepat dan menjelaskan sebab-akibat.	Perhitungan benar, penjelasan sebab-akibat masih terbatas.	Perhitungan atau konsep masih keliru.
Kelengkapan data (30)	Seluruh data, angka, dan tangkapan hasil tercatat rapi.	Sebagian besar data tercatat.	Data banyak yang hilang.
Solusi dan alasan (30)	Solusi tepat dengan alasan yang runtut dan mempertimbangkan biaya.	Solusi tepat, alasan kurang runtut.	Solusi belum berdasar alasan.

7.5 Soal integritas data

Karena progres tersimpan di perangkat siswa dan secara teknis dapat diubah, hasil rekap dari simulator sebaiknya diperlakukan sebagai penilaian **formatif**. Guru dianjurkan mencocokkannya dengan pengamatan di kelas, percakapan singkat, dan presentasi. Sikap ini sejalan dengan semangat pendidikan: tujuan utamanya adalah menolong anak belajar, bukan mengejar angka yang tampak rapi.

VIII Keterkaitan dengan Delapan Dimensi Profil Lulusan

Inovasi ini tidak berhenti pada penguasaan teknis. Setiap kegiatan dirancang agar sekaligus menyentuh dimensi yang lebih luas dari pribadi seorang lulusan.

Dimensi	Wujud dalam pembelajaran
Keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa	Kejujuran melaporkan hasil apa adanya; amanah dalam menjaga rekaman dan data orang lain; kesadaran bahwa keselamatan manusia lebih utama daripada kecepatan bekerja.
Kewargaan	Menimbang etika pengawasan, hak privasi, dan kebijakan retensi rekaman bersama pihak sekolah; memahami tanggung jawab sosial teknologi.
Penalaran kritis	Menjelaskan mengapa target gagal, membandingkan codec dan kompresi, menimbang untung rugi antara mutu, biaya, dan penyimpanan.
Kreativitas	Menemukan rancangan yang memenuhi syarat dengan anggaran terbatas, serta mengusulkan penataan kamera yang tidak biasa.
Kolaborasi	Peran bergilir dalam kelompok; auditor dan perancang saling menguji keputusan.
Kemandirian	Berlatih sendiri melalui ponsel, mengelola progres, menantang diri naik peringkat.
Kesehatan	Budaya K3 pada ketinggian, listrik, dan cuaca; lingkungan belajar yang aman secara emosi karena kesalahan boleh dicoba ulang.
Komunikasi	Menyusun laporan, memakai istilah teknis dengan tepat, dan mempresentasikan rancangan kepada pemangku kepentingan.

IX Etika, Keselamatan, dan Batas-Batas Inovasi

Inovasi yang bijak tidak hanya menyebut kelebihannya, tetapi juga mengakui batasnya. Beberapa hal berikut perlu dijaga oleh siapa pun yang menerapkan gagasan ini.

9.1 Ketepatan dan kehati-hatian

Hasil simulator adalah estimasi perencanaan. Angka nyata bergantung pada merek, kondisi adegan, dan pengaturan perangkat, sehingga siswa dilatih mencocokkan hasilnya dengan lembar data perangkat. Harga satuan yang tampil hanyalah perkiraan pasar dan perlu diperbarui lewat survei. Konfigurasi Asterisk yang dihasilkan adalah kerangka latihan; seluruh kata sandi harus diganti dan pengujian dilakukan di laboratorium sebelum dipakai di lingkungan sungguhan.

9.2 Privasi dan perlindungan data

Progres siswa disimpan di peramban perangkat itu sendiri dan tidak dikirim ke server. Di komputer bersama, siswa dianjurkan mengunduh data lebih dahulu, lalu menghapus progres agar pengguna berikutnya memulai dari awal. Pada bahan ajarnya sendiri, topik CCTV memberi kesempatan emas untuk membicarakan privasi, batas wewenang, dan lamanya penyimpanan rekaman. Keputusan seperti retensi sebaiknya ditentukan bersama pihak sekolah dengan memperhatikan perlindungan data.

9.3 Keselamatan kerja yang sebenarnya

Simulasi mengajarkan prosedur, tetapi tidak menghapus bahaya di dunia nyata. Pada tahap praktik fisik, pengawasan guru, perlengkapan pelindung, dan prosedur memutus daya tetap mutlak diperlukan. Pekerjaan di ketinggian atau dekat jaringan listrik utama tidak boleh dilakukan siswa tanpa pendampingan yang kompeten.

9.4 Kesetaraan akses

Tidak semua siswa memiliki ponsel atau kuota. Pola kelompok, demonstrasi dengan proyektor, dan lembar kerja cetak memastikan tidak seorang pun tertinggal hanya karena keadaan keluarganya. Berkas yang berjalan luring juga menghindarkan siswa dari beban kuota.

9.5 Menjaga agar simulasi tidak menjadi tujuan akhir

Ada risiko halus: simulasi yang menyenangkan dapat membuat kita berhenti di sana. Karena itu tangga investasi pada Bab V sengaja menempatkan sentuhan pada perangkat nyata sebagai tujuan yang terus dikejar, selambat apa pun sekolah dapat mencapainya.

X Rencana Penerapan dan Keberlanjutan

10.1 Tahapan penerapan

Tahap	Fokus	Keluaran
1. Persiapan	Menyiapkan berkas, memeriksa perangkat yang ada, memetakan pola kelas, menyiapkan lembar kerja cetak.	Skema pengaturan kelas dan perangkat siap pakai
2. Uji coba terbatas	Menerapkan pada satu kelas atau satu topik dengan observasi cermat.	Catatan kendala dan data awal N-gain
3. Refleksi dan perbaikan	Membaca data, berdiskusi dengan siswa dan rekan guru, memperbaiki alur serta soal.	Rancangan yang disempurnakan
4. Perluasan dan berbagi	Menerapkan pada kelas lain dan membagikan praktik baik kepada komunitas guru.	Dokumentasi praktik baik
5. Hibridisasi	Menambah alat tangan dan kemitraan sesuai kemampuan sekolah.	Satu stasiun praktik fisik bergilir

10.2 Indikator keberhasilan

- Rata-rata N-gain kelas berada pada kategori sedang atau lebih tinggi.
- Mayoritas siswa mencapai skor rancangan 80 atau lebih dan MOS 4,0 atau lebih pada skenario VoIP.
- Siswa dapat menjelaskan alasan keputusan rancangan dengan bahasanya sendiri.
- Seluruh siswa, termasuk yang tidak memiliki perangkat pribadi, terlibat aktif dalam kegiatan.
- Guru memperoleh data yang cukup untuk menyesuaikan pembelajaran berikutnya.

10.3 Risiko dan penanganannya

Kemungkinan kendala	Langkah antisipasi
Perangkat siswa tidak tersedia atau terbatas	Pola kelompok, demonstrasi proyektor, dan lembar kerja cetak.
Progres hilang karena data peramban terhapus	Mengunduh berkas .json secara berkala dan mengumpulkannya kepada guru.
Skor tidak mencerminkan kemampuan	Memperlakukannya sebagai penilaian formatif dan melengkapinya dengan observasi.
Guru belum terbiasa	Mencoba lebih dahulu secara mandiri, berlatih bersama rekan, memakai panduan di dalam aplikasi.
Simulasi dianggap cukup	Menjaga arah menuju sentuhan pada perangkat nyata melalui tangga investasi.

XI Penutup

Setiap ruang kelas membawa keterbatasannya sendiri. Ada yang kekurangan perangkat, ada yang kekurangan waktu, ada yang kekurangan sambungan internet, dan hampir semuanya kekurangan anggaran. Namun anak-anak yang duduk di dalamnya tidak sedang menunggu keadaan menjadi sempurna. Mereka sedang tumbuh hari ini, dengan rasa ingin tahu yang tidak pernah meminta daftar harga lebih dahulu.

Sentinel Lab lahir dari keyakinan bahwa tugas pendidik bukan mengeluhkan keterbatasan, melainkan menerjemahkannya menjadi rancangan. Dengan memilih sarana yang paling murah untuk hal yang dapat dipelajari lewat model, dan menyimpan anggaran untuk hal yang hanya dapat dipelajari lewat sentuhan, sekolah dapat menjaga mutu tanpa memberatkan siapa pun. Dengan memadukan pengalaman memahami, mengaplikasi, dan merefleksi, pembelajaran tidak berhenti sebagai keterampilan teknis, tetapi menumbuhkan penalaran, tanggung jawab, kerja sama, dan kejujuran.

Inovasi ini tentu belum final. Ia akan terus diuji oleh kelas-kelas yang berbeda, dikoreksi oleh siswa yang jujur menyampaikan kesulitannya, dan disempurnakan oleh rekan sejawat yang berbagi pengalaman. Justru di situlah sifat pendidikan yang sehat: ia tumbuh bersama orang-orang yang mau belajar, termasuk gurunya.

Semoga naskah ini bermanfaat bagi para pendidik yang sedang mencari jalan di tengah keterbatasan, dan menjadi pengingat bahwa pendidikan yang baik tidak diukur dari mahalnya alat, tetapi dari dalamnya pemahaman yang dialami anak-anak kita.

Aliyudin, S.T., Gr
Guru

A Lampiran: Lembar Kerja Siswa

Kerjakan secara berkelompok atau mandiri, lalu catat skor, angka, dan alasan keputusan Anda pada lembar jawaban.

1. Selesaikan Tantangan 1, lalu catat skor dan biayanya.
2. Geser satu kamera ke balik kantin. Jelaskan mengapa target gagal.
3. Bandingkan H.264 dan H.265: berapa TB harddisk yang dihemat untuk 30 hari?
4. Naikkan jumlah extension menjadi 60. Berapa kanal trunk yang dibutuhkan?
5. Naikkan packet loss menjadi 5 persen. Bagaimana MOS berubah, dan apa solusinya?

> **SARAN RUBRIK**
> Ketepatan analisis 40, kelengkapan data 30, solusi dan alasan 30.

Lampiran B Rumus dan Istilah Ringkas

Besaran	Rumus atau acuan
Piksel per meter	Lebar piksel ÷ (2 × jarak × tan(FOV ÷ 2)); batas level DORI 25, 62, 125, dan 250 px/m (IEC 62676-4)
Bitrate kamera	Dasar H.264 pada 25 fps, dikalikan FPS ÷ 25; H.265 dikalikan 0,55
Penyimpanan	Mbps × 10,8 GB per hari × faktor rekam × hari retensi
Beban telepon (Erlang)	Panggilan per jam × menit ÷ 60 × persentase keluar
Jumlah kanal trunk	Erlang B dengan peluang blocking tidak lebih dari 1 persen
Kualitas suara	MOS dari E-model ITU-T G.107; 4,0 ke atas baik, 3,6 sampai 4,0 cukup, di bawah 3,6 banyak pengguna mengeluh

Istilah	Arti
NVR	Perekam video jaringan
PoE	Daya yang dialirkan lewat kabel UTP
DORI	Deteksi, pengamatan, pengenalan, identifikasi
FOV	Sudut pandang lensa
MOS	Nilai kualitas suara 1 sampai 5

Istilah	Arti
SIP dan RTP	Protokol sinyal panggilan dan aliran paket suara
DSCP EF	Penanda prioritas untuk paket suara

Lampiran C Lembar Survei Harga dan Daftar Periksa Guru

Isi lembar berikut dengan hasil survei toko atau penyedia jasa di daerah masing-masing, agar keputusan investasi berdasar angka yang mutakhir.

Kebutuhan	Jumlah	Harga satuan	Sumber survei	Tingkat
Kabel UTP dan konektor RJ45				1
Crimping tool dan LAN tester				1
Multimeter dasar				1
Kamera IP demonstrasi dan catu daya				2

- Berkas Sentinel Lab sudah dicoba di perangkat yang akan dipakai.
- Pola kelas dipilih (kelompok, demonstrasi, atau mandiri) dan lembar kerja cetak siap.
- Siswa tahu cara mengunduh data .json dan menghapus progres di komputer bersama.
- Aturan keselamatan dan privasi sudah disampaikan sebelum kegiatan dimulai.
- Rencana refleksi dan rekap kelas sudah disiapkan.